

Los procesos de enseñanza–aprendizaje relacionados con el agua en el marco de las hipótesis de transición

Jorge Fernández-Arroyo ^{1,a}, Fátima Rodríguez-Marín ^{2,b}

¹ Departamento Didáctica Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla, Sevilla. España. IES Carmen Laffón, San José de la Rinconada, Sevilla, España.

² Departamento Didáctica Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla, Sevilla. España.

^a jferarr10@us.es, ^b frodmar@us.es

[Recibido en julio de 2015, aceptado en julio de 2016]

En el presente artículo aportamos una visión práctica del uso de las *hipótesis de transición* dentro del ámbito de la Educación Ambiental. Concretamente ejemplificamos la utilidad de esta herramienta didáctica al desarrollar su uso en el ámbito de la Educación Ambiental dentro de la temática del agua. Las hipótesis de transición permiten dar coherencia al tratamiento de los problemas socioambientales asociados, facilita el manejo de los contenidos, así como la inclusión de las ideas y concepciones de los participantes.

Palabras clave: agua; educación ambiental; hipótesis de transición; investigación.

Teaching - learning processes related with the water in the context of transition hypothesis.

In this paper we provide a practical approach of the use of transition scenarios in the field of environmental education. We particularly show the usefulness of this teaching tool to develop their use in the field of environmental education in water issues. The transition scenarios give coherence to the treatment of social and environmental problems associated facilitates management of content as well as the inclusion of ideas and conceptions of the participants.

Keywords: water; environmental education; transition hypothesis; research.

Para citar este artículo: Fernández-Arroyo, J. y Rodríguez-Marín, F. (2016) Los procesos de enseñanza–aprendizaje relacionados con el agua en el marco de las hipótesis de transición. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (1), 227-243. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18858>

Introducción

En este artículo abordamos el estudio de una temática tan universal como es el agua desde la perspectiva del ámbito escolar. Profundizamos en el contexto de la educación formal, mediante la descripción resumida de los modelos didácticos y de Educación Ambiental que desde nuestro punto de vista deberían sustentar una intervención en el aula. Finalmente, como resultando de aunar ambos modelos, planteamos el uso de la herramienta didáctica de las hipótesis de transición en el desarrollo de una propuesta centrada en el uso, gestión y contaminación del agua.

El agua en los procesos de aprendizaje.

El agua puede ser considerada como uno de los temas más universales a tratar en un aula. En torno a la temática del agua se pueden distinguir una variedad de elementos a considerar: marcos teóricos, estrategias de actuación, grandes variedades de disciplinas involucradas y distintos sectores sociales, económicos, ambientales, culturales, etc. presentes.

El agua es y sigue siendo un contenido escolar presente en las diferentes propuestas curriculares. Tradicionalmente a la hora de abordar esta temática se ha dado más importancia a

los aspectos ligados a las propiedades del agua, su ciclo natural, el papel del agua en la configuración del paisaje,... En los últimos años sin embargo, se están abordando otros aspectos como los diversos usos del agua y más concretamente, en las propuestas para los cursos de Educación Secundaria y Bachillerato, se han añadido aspectos relacionados con la importancia del agua para los seres vivos y sobre el agotamiento del agua como recurso.

Pero, lo indicado anteriormente no impide que en la educación formal también se desarrollen actividades alrededor del agua llegadas desde la educación no formal, por medio de instituciones ajenas a la escuela. Estas propuestas tienen formatos muy diversos, objetivos en general indefinidos, con metodologías inconexas y con escasa valoración de su incidencia real en la adquisición de conocimiento por parte del alumnado. En la mayor parte de ellas, la valoración de su trascendencia escolar se reduce al conteo de los estudiantes que han participado.

Parte de la universalidad de la temática del agua es debida a su carácter atemporal. Ha estado presente como un aspecto de gran relevancia en todas las culturas pasadas, en el presente y se atisba claramente su importancia creciente en el futuro. Desde la prensa, la radio y la televisión nos queda claro que el agua es un recurso del que tenemos una dependencia vital diaria. Pero esta situación no es nueva. El agua ha sido desde antaño la base sobre la que se sustenta muchas tradiciones y formas de vida que han configurado grupos sociales muy diversos. Pero además el papel del agua como agente organizador del paisaje y su aprovechamiento ha sido muy importante, generando muchos conflictos socioeconómicos entre países. Asimismo, el agua forma parte de la propia esencia humana. Por este motivo ha estado presente en las primeras creaciones artísticas de las culturas milenarias, en diferentes formatos: composiciones literarias o pinturas, tradiciones orales de muchos pueblos, etc. Sin embargo parece que el agua solo está presente hoy en día en forma de los aspectos conflictivos de la misma: escasez, contaminación, etc. Por lo tanto se hace necesario retomar los aspectos esenciales que conforman lo que nosotros identificamos como la “nueva cultura” del agua (Martínez Gil, 1997).

En nuestro caso abordamos problemas socioambientales relevantes, significativos, abiertos y complejos, relacionados con el uso, gestión y contaminación del agua. Se constituyen como problemas actuales dentro de los cuales conviven aspectos científicos, ideológicos, intereses en conflicto, toma de decisiones sobre su gestión, etc. (García, 2004a), y que están relacionados entre sí formando un sistema interactivo de problemas (Selby, 1996). Cada problema abordado es singular y abierto. En cada uno de ellos se construye conjuntamente el conocimiento en una relación bidireccional entre docentes y alumnado. Por tanto debemos hablar más de problemas *escolares* que de problemas científicos: contenidos y tareas con los que el profesorado y alumnado reflexionan críticamente desde la escuela hacia la sociedad.

Desde esta perspectiva, planteamos un modelo de Educación Ambiental (en adelante E.A.), cuyos principios son:

- a) El tratamiento desde el contexto educativo de los problemas socioambientales (García y García Pérez, 1992b) como el mejor punto de partida para lograr una reflexión que se constituya como motor para la acción, entendida como la búsqueda de un cambio cuyo objetivo sea el establecimiento del decrecimiento (Leff, 2008) como opción de desarrollo ambiental-social-económico con un carácter armónico.
- b) Los paradigmas teóricos que fundamentan el modelo de E.A. que defendemos son el constructivismo, la epistemología de la complejidad y la perspectiva crítica. Sin embargo hemos de destacar el principio de integración didáctica como referente importante de nuestro modelo de E.A. Este principio está fundamentado en la idea de complementariedad, básica en

el paradigma de la complejidad (García, 2004b). En nuestro modelo de E.A. tanto desde el punto de vista disciplinar como ideológico, optamos por abandonar una visión uniperspectivista (García, 2004b). En cuanto al ámbito disciplinar, en E.A. es necesario aunar las Ciencias Naturales con las Ciencias Sociales, para atender los conocimientos, valores, afectos y los comportamientos y actuaciones en el medio en el que viven. En relación con lo político-ideológico, nuestro modelo de E.A. intenta asociar problemas científicos con problemas socioambientales de nuestro mundo (Gil-Pérez y Vilches, 2001 y 2005; García, 2001 y 2006; Membiela, 2002; Acevedo, 2005; Pedrinaci, 2006), ya que creemos en una ciencia compleja y comprometida, que reconoce el fuerte componente axiológico, afectivo, ideológico, propio de toda actividad científica (García, 1998; Izquierdo, Espinet, Bonil y Pujol, 2004).

c) En cuanto a los procesos de enseñanza-aprendizaje, los objetivos finales que buscamos con nuestro modelo de E.A. consisten en que los sujetos comprendan y aprendan, para que posteriormente tengan la posibilidad de actuar en consecuencia con lo aprendido. Para ello se definen de manera explícita periodos de reflexión íntimamente relacionados con periodos de acción. Estos periodos de acción-reflexión deben entenderse dentro de un proceso recurrente, gradual y progresivo, tipo *helicoidal*, que en conjunto forma parte del modelo didáctico *Investigación en la Escuela*, del que más adelante haremos un resumen. Este modelo se basa en una metodología investigativa en la que el alumnado es el protagonista y los contenidos se organizan y secuencian mediante una construcción abierta, flexible y progresiva de los mismos. La intervención educativa se reajusta constantemente a la realidad de aula mediante el uso de instrumentos didácticos como las hipótesis de transición (García, 2004b) como veremos posteriormente. Creemos que este es el modelo didáctico que más puede aportar a nuestro modo de entender la E.A. Este modelo de E.A. lo representamos en la figura 1.

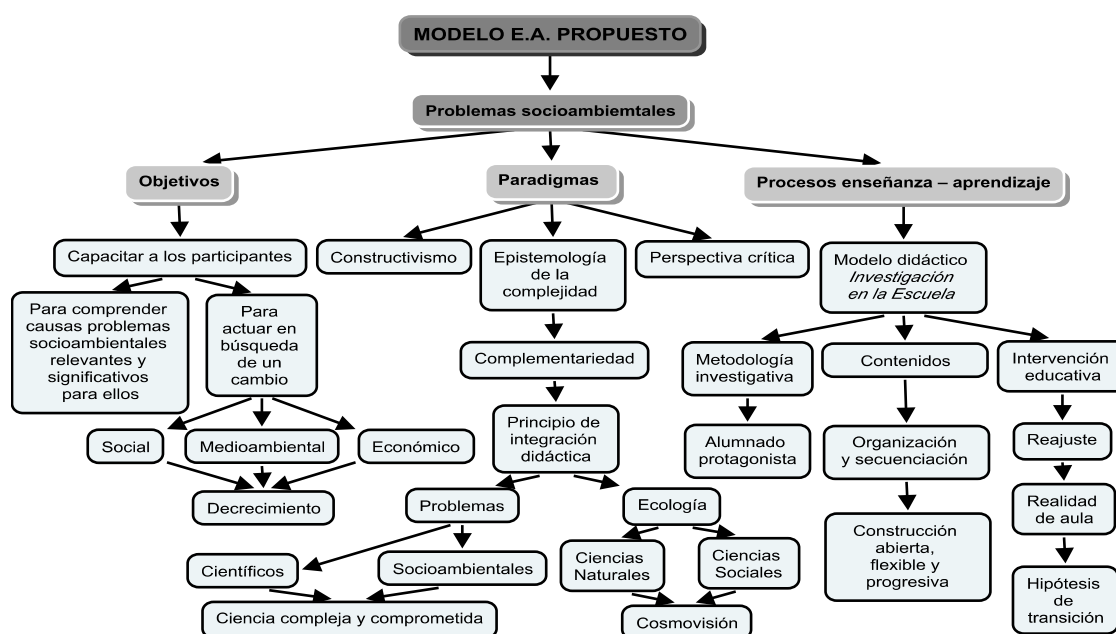


Figura 1. Modelo de E.A. propuesto en relación con sus objetivos, paradigmas y procesos de enseñanza – aprendizaje (Fernández-Arroyo, 2012a).

Desde nuestro punto de vista, el modelo didáctico donde los problemas socioambientales toman una especial relevancia y que por tanto permite una adecuada integración de la E.A., es el modelo *Investigación en la Escuela*. El proceso de enseñanza-aprendizaje organizado alrededor de problemas socioambientales que faciliten movilizar las ideas los sujetos, va posibilitando un

cambio de las mismas. Para Fournier (1999), plantear y resolver problemas es la única manera de que los estudiantes actúen inteligentemente, es decir, piensen:

Repitámoslo: no hay verdadera asimilación de conocimientos si estos no van dirigidos a la inteligencia; y ésta aparece únicamente con la resolución de problemas. Si no, la enseñanza se convierte en llenar la cabeza de contenidos sin ningún sentido en sí mismos, completamente inútiles (p. 167).

Este modelo desarrollado por el Proyecto Investigación y Renovación Escolar (IRES) (García Pérez, 2000a y 2000b; García Pérez y Porlán, 2000) ha sido el referente desde el que hemos realizado diversas aportaciones (Fernández-Arroyo 2010a, 2010b, 2012a, 2012b; Fernández – Arroyo y Solís, 2011; Rivero, Fernández-Arroyo y Rodríguez, 2013).

Como resumen de los principios metodológicos que rigen este modelo podemos decir que los sujetos deben elaborar ellos mismos y con la ayuda del educador o docente las respuestas a los problemas socioambientales. Los problemas deben ser investigados de forma flexible y abierta, en un proceso no lineal. De este modo los problemas evolucionan y se diversifican de manera paralela a la reestructuración de las ideas y concepciones de los sujetos sobre los mismos. Estas ideas se pueden sintetizar de la siguiente forma en la figura 2.

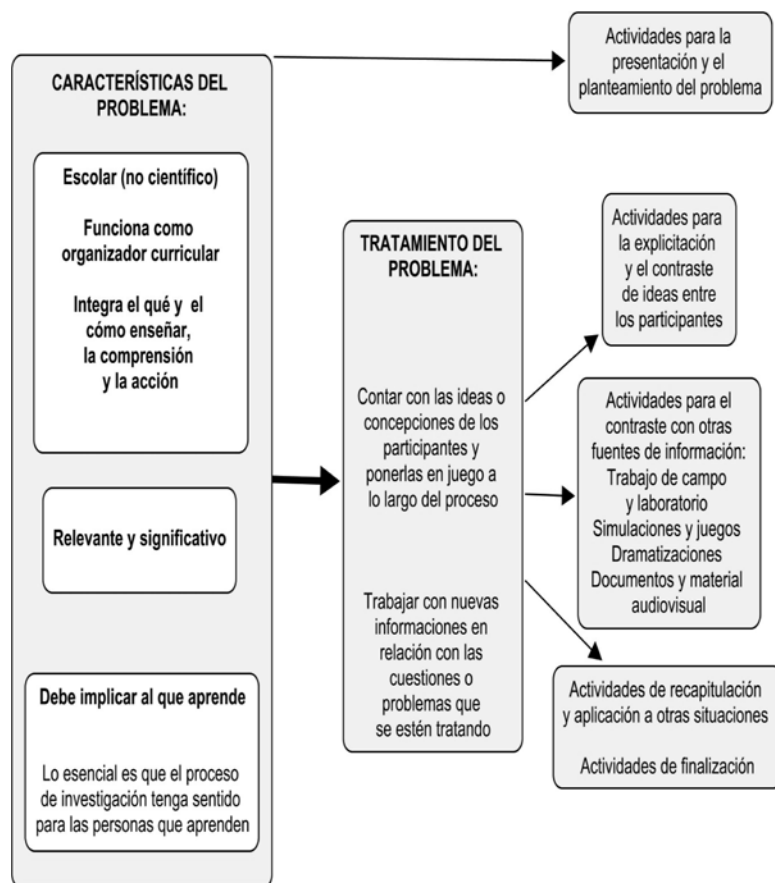


Figura 2. Modelo de metodología didáctica basada en la investigación del alumnado (García, Rodríguez y Solís, 2007).

El concepto de *investigación* es el centro en torno al cual gira este modelo. La investigación es el motor de los cambios en la forma de concebir el mundo, que profesorado y alumnado pueden lograr a lo largo de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En este modelo se concibe el conocimiento escolar como un producto que está abierto, generándose en un proceso constructivo y orientado. Mediante la reelaboración e integración de conocimientos se construyen y orientan los significados que surgen espontáneamente en el alumnado.

Las concepciones que sobre la ciencia están presentes en este modelo se mueven entre el evolucionismo y un relativismo moderado. Es decir, la ciencia como construcción humana, que cambia y evoluciona en función de múltiples dimensiones (Solís y García, 1995): dimensión psicológica, epistemológica, sociológica, tecnológica y ética, y socio-política.

En la tabla 1 se resumen las concepciones curriculares de este modelo didáctico.

Tabla 1. Concepciones curriculares en el modelo didáctico Investigación en la Escuela (Solís, Porlán y Rivero, 2012).

	Modelo de Investigación en la Escuela
Objetivos y Finalidades	Complejizar y enriquecer el conocimiento cotidiano de el alumnado de forma que tenga más potencialidad explicativa
Las ideas del alumnado	Son conocimientos alternativos, a partir de las cuales se construye conocimiento.
Contenidos	Conocimiento escolar que integra saberes (disciplinares, cotidianos, ambientales,...). Visión relativa, evolutiva e integradora
Metodología	Investigativa. El alumnado aprende a partir de problemas relevantes en el contexto escolar
Evaluación	Proceso de seguimiento de la evolución real de las concepciones del alumnado y mecanismo de reajuste de la enseñanza.

El modelo didáctico *Investigación en la Escuela* se basa en los siguientes marcos ideológico-teóricos: la *perspectiva sistémica y compleja de la realidad escolar* y la *perspectiva constructivista y evolucionista del conocimiento*. Entre los marcos ideológico-teóricos y los aspectos prácticos se establece una relación bidireccional: los marcos ideológico-teóricos orientan la intervención educativa, pero al mismo tiempo la interpretación de la práctica educativa también orienta la lectura de los marcos generales que fundamentan el modelo. Se integran por tanto los fundamentos teóricos, el modelo didáctico y la práctica educativa, reforzando de esta manera la perspectiva compleja adoptada (ver figura 3).

La conexión entre la teoría y la práctica educativa comentada anteriormente, es posible articularla en esquemas organizados si se realizan en torno Problemas Prácticos Profesionales (Porlán, Rivero y Solís, 2011). De los Problemas Prácticos Profesionales que dentro del Modelo de Investigación en la Escuela se articulan, en este estudio concreto abordaremos los siguientes:

- a) cuál es el conocimiento escolar y profesional deseable.
- b) cómo impulsar la investigación escolar y profesional de cara a facilitar la construcción de conocimientos.
- c) cómo regular el proceso de investigación escolar y de desarrollo profesional.

Estos aspectos profesionales prácticos se apoyan en dos teorías de corte didáctico, como son la concepción sistémica y compleja acerca de los contextos educativos y la teoría sobre la formulación y construcción del conocimiento escolar.



Figura 3. El Modelo Didáctico *Investigación en la Escuela* (García Pérez, 2000b).

Desde nuestro punto de vista, aunar el modelo didáctico de *Investigación en la Escuela* junto con el modelo de E.A. por el que apostamos, permite desarrollar de una manera coherente uno de los aspectos que en nuestra opinión tiene más importancia en educación: el para qué enseñar.

Son diversos los autores (Yus, 1997; García, 2004a; García Pérez, 2005), que consideran la escuela como el contexto adecuado para reflexionar y debatir los problemas sociales de nuestro planeta para llegar a posibles soluciones y compromisos de actuación. Los problemas socioambientales pueden ser un buen referente a la hora de seleccionar el conocimiento escolar ya que presentan un contenido complejo que debe ser abordado no solo desde el conocimiento cotidiano, sino también desde el conocimiento científico derivado de múltiples

disciplinas. Además, dentro de este contenido están presentes valores y comportamientos que afloran desde la reflexión.

El trabajo con problemas socioambientales en el aula determinan un tipo de investigación del alumnado abierta ya que entran en liza no solo el conocimiento y comprensión de la realidad, sino también la crítica, de forma que se cuestionen los estereotipos y las prácticas sociales asociadas a estos problemas: ¿Por qué en esta región se usa el agua de esta manera? ¿Siempre ha sido así? ¿Por qué todo el mundo considera esta gestión del agua como algo natural? ¿Por qué unas opiniones sobre la contaminación tienen más peso que otras? ¿Por qué se ignoran determinadas interpretaciones sobre el consumo del agua? ¿Qué intereses están detrás de ciertas acciones?

Ante esta diversidad de elementos es necesario reconocer significados, intereses en confrontación, origen de los hechos y maneras de ver la realidad. Es decir, es necesario relativizar el conocimiento. Por tanto la perspectiva crítica toma especial relevancia en el tema del agua por medio del modelo de desarrollo por el que apostamos en el aula.

Un sentimiento generalizado de que el mundo se encuentra dentro de un periodo de crisis en cuanto a su modelo de desarrollo, y por tanto de producción y consumo, es algo palpable en nuestra sociedad desde la última década del siglo pasado (Ángel, 1995; Caride y Meira, 2001; Leff, 2002; De Vries, 2010). Autores como Lujan y Echeverría (2004) nos hablan de la existencia de un *pensamiento único* y una *sociedad del riesgo*, debido a los cada vez más claros procesos asociados a la globalización, tanto a nivel de economía como de conocimiento y de información.

Sin embargo, problemas medioambientales, desequilibrios humanos (García y Vega, 2009) y globalización, son tan solo la cara visible del fracaso de nuestro modelo económico desarrollista. Este modelo se basa en el poder del mercado y la confianza ingenua en la ciencia y la tecnología como vías seguras para encontrar la solución al agotamiento de los recursos y a los procesos de contaminación.

Pese a no existir un consenso en cuanto al significado e implicaciones del término *sostenibilidad*, sí se reconoce un carácter integrador en dicho concepto. Dentro de la *sostenibilidad* se relaciona lo ambiental, social y cultural con el objetivo de mantener la vida en el planeta, mediante elementos claves como la equidad y la justicia social, la integridad ecológica y el bienestar de todos los sistemas vivos en el planeta, sin comprometer las generaciones presentes y particularmente futuras (Riechmann, 2006).

En muchos casos el concepto de sostenibilidad se ha relacionado con planteamientos del desarrollo bajo el término de *desarrollo sostenible*. El desarrollo sostenible busca, mediante un cambio de valores y actitudes, reorientar los sistemas económicos, sociales, y productivos hacia la búsqueda de conocimiento tecnológico y científico que consiga gestionar el ambiente físico y social bajo el equilibrio con criterios ecológicos y de equidad intra- e inter-generacional y de respeto a la diversidad (Novo, 2006). En numerosas ocasiones interpretaciones sobre el desarrollo sostenible difundidas a través de los medios de comunicación, informes de gobierno y acuerdos internacionales, han sido criticadas fuertemente por sus connotaciones de continuismo con el paradigma del crecimiento económico.

En el ámbito de la educación la integración de la idea de desarrollo sostenible ha sido polémica. Los autores más críticos de este concepto consideran el desarrollo sostenible una concepción normativa, ambigua e ineficaz a la hora de solucionar problemas complejos. El desarrollo sostenible podría considerarse un crecimiento sostenido no explícito, algo obviamente imposible en un mundo finito. Por lo tanto, el uso de este concepto en educación no genera conocimiento crítico, sino más bien un cambio de valores y estilos de vida, la

difusión de conocimientos e información para la población (Dale y Newman, 2005; Sauvé, 2007).

Sin embargo para otros autores el problema no radica en el propio concepto de desarrollo sostenible sino del sentido que se le otorga en la educación (Vílches, Gil y Cañal; 2010). El concepto de desarrollo sostenible debería ser entendido como *una noción utópica, que marca una dirección sobre la que construir, tan necesaria como las ideas de democracia y justicia* (Lobera, 2008). De este modo, el uso del concepto de desarrollo sostenible en la educación estaría fundamentado y lograría alcanzar su objetivo principal: construir una nueva mentalidad, una nueva ética y una nueva praxis en el enfoque de nuestra relación con el resto de la naturaleza.

Si nos centramos ya en un aspecto concreto de la educación, como es la E.A., la perspectiva crítica permite establecer el objetivo último de dicha E.A. (García, 2004a). Este objetivo es conseguir un mundo diferente mediante el cambio social. Los actuales problemas de nuestro planeta (injusticia social, desastres ecológicos, etc.), están relacionados íntimamente con el modelo socioeconómico dominante. Por tanto, la búsqueda de soluciones pasa por el cambio de dicho modelo. Este cambio supone una E.A. vinculada a la acción. Resumimos la relación existente entre la perspectiva crítica y el modelo de desarrollo, que pensamos es el más adecuado, mediante la figura 4.

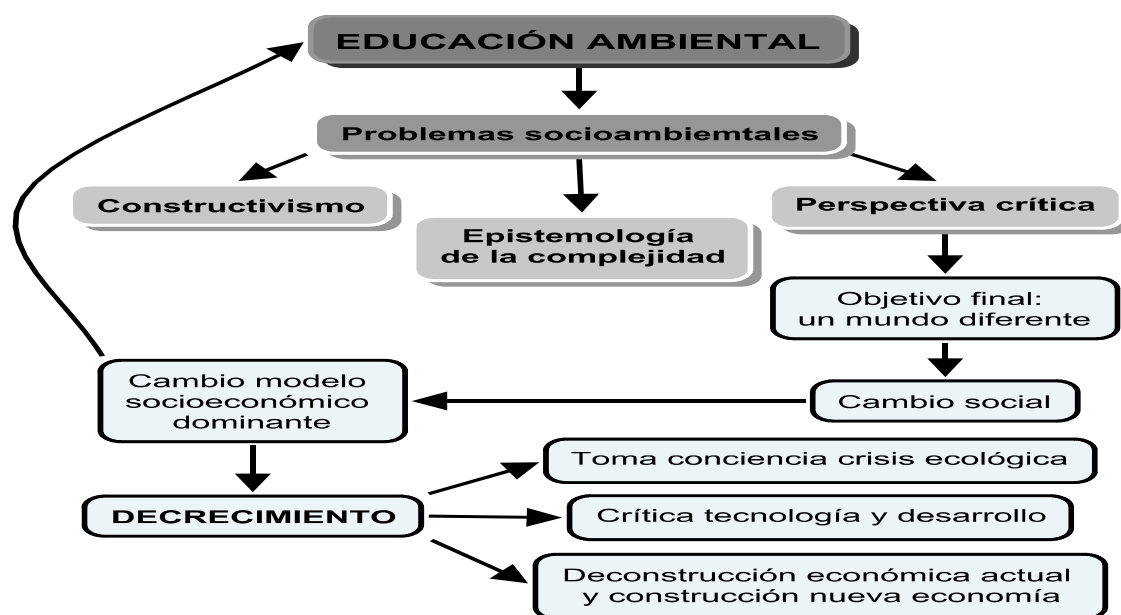


Figura 4. Relación perspectiva crítica con modelo de desarrollo en el que nos posicionamos (Fernández-Arroyo, 2012a).

Pese al discutible sentido del concepto de desarrollo sostenible, este sigue siendo el referente de muchas actuaciones y programas de E.A. Por lo tanto, cabría preguntarse si no es necesario reorientar la E.A. hacia otro modelo socioeconómico. Para algunos autores, intentar solucionar la crisis global no pasa por reactivar el crecimiento económico basado en el consumismo (Elizalde, 2006). Esta visión no es novedosa. Ya en el informe del Club de Roma de 1972 (*“Los límites del crecimiento”*), en base a lo limitado de nuestro planeta limitado, se afirmaba que las dinámicas de crecimiento exponencial no son sostenibles. Era necesario frenar el crecimiento hasta lograr un estado estacionario de equilibrio dinámico que recibió el término de *crecimiento cero*.

Pero la perspectiva crítica apuesta por una alternativa que suponga un giro más sustancial y profundo que el propio crecimiento cero: el modelo de *decrecimiento*. Frente al freno, desde el

mismo sistema imperante del desarrollo por el que apuesta el crecimiento, el decrecimiento defiende la necesidad de deconstruir la economía paralelamente a la construcción de una nueva racionalidad productiva (Leff, 2008). Ya no se trata tanto de frenar, sino de poner la marcha atrás para evitar el descalabro (Fundació Terra, 2008). El modelo del decrecimiento, por tanto, se muestra no solo crítico con el modelo de crecimiento cero, sino muy crítico con la noción de desarrollo sostenible que el *Informe Brundtland* de las Naciones Unidas aportó en 1987: crecimiento económico ecológicamente sostenible, pero crecimiento en definitiva.

En esta línea, Gisbert (2007) no concibe el crecimiento ilimitado como algo posible, siendo necesario que nos dirijamos hacia el decrecimiento:

No es posible el crecimiento continuo en un planeta limitado. Cada vez es más claro que estamos superando muchos límites ambientales, por lo que la única estrategia que parece viable a medio y largo plazo es la del decrecimiento. No hablamos de un concepto en negativo, sería algo así como cuando un río se desborda y todos deseamos que “decrezca” para que las aguas vuelvan a su cauce. Cuanto antes seamos conscientes de la necesidad de desprendernos de un modo de vida inviable, mejor para todos y para el planeta (p. 1).

En definitiva la perspectiva crítica aporta a la E.A. los referentes necesarios para procurar el cambio social, siendo el decrecimiento la alternativa económica en la búsqueda del bienestar. Para lograrlo es condición *sine qua non* abandonar una economía de crecimiento y desarrollo permanente.

En una investigación reciente (Fernández-Arroyo, 2012b), se aborda el problema de conocer los procesos de construcción del conocimiento significativo en alumnos y alumnas de primero de Bachillerato de un centro de secundaria en relación con la temática del agua. Este sistema de categorías se irá desarrollando en este trabajo.

- El resultado de esta primera investigación fue constatar que dentro del proceso de construcción del conocimiento, existen transiciones más dificultosas para el alumnado dentro del sistema de cuatro categorías propuesto: grado de centramiento en lo evidente, grado de multicausalidad, grado de uniperspectivismo / pluriperspectivismo y finalmente, grado de complejidad en cuanto a elementos y relaciones.
- Este análisis ha sido utilizado como una primera aproximación sobre el tratamiento del agua en el ámbito de la E.A.

La construcción del conocimiento escolar mediante el uso de las hipótesis de transición en relación al tema del agua

Para lograr un tratamiento didáctico en concordancia con los principios teóricos desarrollado en los anteriores apartados proponemos el uso de una herramienta didáctica: las hipótesis de transición (Rodríguez, Fernández-Arroyo y García, en prensa). Con ella buscamos facilitar la incorporación de valores en el alumnado, asociados al pensamiento crítico, que apuestan por una forma de ver el mundo y actuar en él desde posicionamientos equitativos socioambientales.

Las hipótesis de transición, basándonos en el *paradigma de la complejidad* (Morin 1986, 1992, 1999 y 2001; Morín y Naïr, 1998; García 1995, 1998 y 2004a; Bonil, 2005; Cano, 2008), realizan interesantes aportaciones en el ámbito de los procesos de enseñanza-aprendizaje (García 1998 y 2004a; Cano, 2008; Rodríguez Marín, 2011; Mora, 2011 y Fernández-Arroyo, 2012a). Por un lado que el proceso de construcción de conocimientos en la intervención educativa sea coherente, orientando al mismo tiempo el tratamiento de los problemas

socioambientales. Por otro lado facilita el establecimiento de una gradación en la formulación de los contenidos desde lo simple hacia lo complejo dando como resultado una organización de los mismos. Además, paralelamente y de manera indirecta, los problemas que están siendo investigados por el alumnado puede ser reformulados de manera abierta y flexible. Las ideas y concepciones de las personas implicadas en el proceso de aprendizaje también pueden ser detectadas gracias a esta herramienta. De este modo es posible detectar las dificultades de aprendizaje asociadas a dichas ideas y concepciones en pos de diseñar intervenciones educativas que traten de superarlas. Finalmente, desde la perspectiva de la investigación didáctica, se facilita el análisis del proceso de construcción de un determinado contenido.

Centrándonos en agua, como base para la elaboración de la hipótesis de transición, deberíamos partir de las ideas y concepciones que sobre el uso, gestión y contaminación del agua puede presentar nuestra muestra de estudio.

Pese a que dentro de la temática del agua existe una gran diversidad de elementos presentes (en qué acciones diarias consumimos agua, por qué consumimos más o menos agua, de quién es el agua, cómo se capta, conduce, etc.) diversos autores han identificado una serie de contenidos prototípicos dentro de los cuales se integran las ideas y concepciones del alumnado. Estos contenidos prototípicos son el ciclo urbano del agua (Cuello y Navarrete, 1992), el ciclo natural del agua (Márquez, 2002; Marcén, 2010), el ciclo urbano del agua y su relación con la contaminación (Cuello y Navarrete, 1992; Roda y Sánchez, 1999; Lacosta, Sánchez y Fernández, 2006), el ciclo urbano del agua y los tipos de usos del agua (Cuello y Navarrete, 1992; Marcén, 2010), tipos de usos del agua (Gutiérrez, 1998, en Taldea, 2005) y la contaminación del agua (Cano, 2005, 2007 y 2008).

Partiendo de las ideas y concepciones del alumnado es posible establecer las hipótesis de transición que proponemos a continuación y que están relacionadas con posibles dificultades de aprendizaje en los contenidos planteados. Dichas hipótesis se encuentran desarrolladas dentro de un contexto teórico, y están siendo puestas en práctica en el aula. Los resultados podrán conformar un futuro estudio.

Inicialmente se establecen hipótesis de transición de carácter general que permiten posteriormente adaptar las ideas y concepciones más específicas abordadas en cada actividad propuesta en el aula. A continuación desarrollamos los contenidos más relevantes de las cuatro hipótesis de transición propuestas en relación con el uso, gestión y contaminación de agua.

En la primera de ellas se profundiza en las ideas y concepciones que tiene el alumnado y cómo cambian las mismas en el desarrollo de una posible secuencia de actividades sobre el agua, en relación con su percepción de lo evidente. Se espera como transición desde lo simple a lo complejo que a lo largo del proceso de enseñanza el alumnado pase de considerar únicamente factores muy evidentes y que son fácilmente perceptibles (mesocosmos) a tener en cuenta aspectos del micro y macrocosmos, que inicialmente para ellos y ellas son prácticamente inexistentes. Con mucha dificultad se logrará que el alumnado cambie el lugar donde sitúan su foco de atención, relacionando entre sí estos niveles: macrocosmos, mesocosmos y microcosmos. Concretando esta hipótesis de transición en diferentes niveles, podemos establecer que como ejemplo de nivel relacionado con el mesocosmos podemos hablar de la existencia de consumos en determinadas acciones diarias de la población. Dentro del nivel microcosmos se sitúa, entre otros factores, la presencia de microorganismos dentro del agua, principales responsables de que el agua no sea potable. Pasando al nivel macrocosmos podemos citar el ejemplo del Ciclo del agua a escala del planeta. En relación con las interacciones entre los niveles mesocosmos y macrocosmos, volvemos al Ciclo del agua a escala planetaria, pero esta vez interactuando con el Ciclo del agua a escala local. Este es el

máximo nivel de complejidad en el que los tres niveles de organización están implicados (ver figura 5).

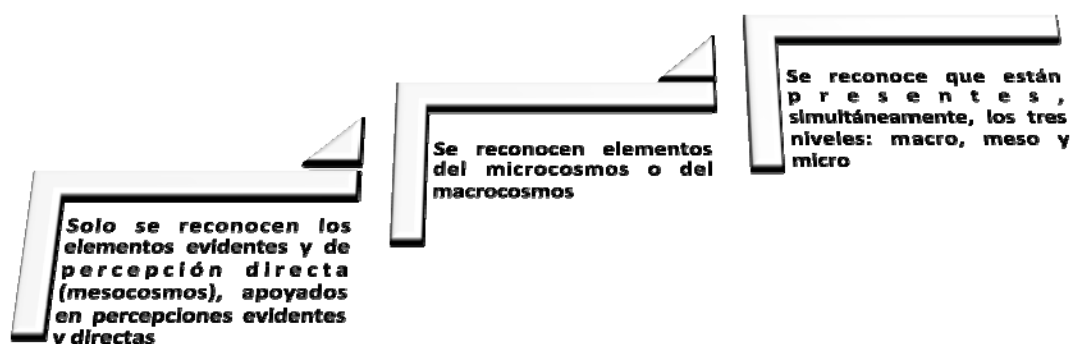


Figura 5. Niveles de complejidad propuestos para la hipótesis de transición centrada en el grado de percepción de lo evidente.

En la segunda hipótesis de transición buscamos conocer en qué medida el alumnado es capaz de adoptar posiciones más relativistas y si se producen cambios en dichas posiciones. En el caso de que las posiciones se modifiquen, la hipótesis que proponemos trata de conocer cómo se produce la transición desde los pensamientos más rígidos y dogmáticos hacia pensamientos más flexibles y relativos. Es previsible que el alumnado maneje muy pocos puntos de vista al comienzo del proceso para, en etapas más avanzadas, considerar un abanico más amplio de posibles maneras de ver el mismo hecho. En el caso de esta hipótesis de transición proponemos como niveles los siguientes. El nivel más simple lo constituyen pensamientos de carácter absoluto, como, por ejemplo, volcar todas las posibilidades de ahorro de agua solo en el sector población. Progresando hacia un nivel de pensamiento más complejo podemos hablar de los matices, de los *pero*. Así, siguiendo con el ejemplo anterior, el alumnado puede repartir la responsabilidad del ahorro entre otros sectores, aun cuando de manera tácita, los alumnos y alumnas piensen que la capacidad de ahorro de esos sectores que no son la población no puede ser muy importante. Finalmente, el nivel de máxima complejidad viene dado por la adopción de posturas pluriperspectivistas, en las que nada es simple y absoluto, sino relativo, y la aparición de matices es profusa y diversa, asumiendo que la realidad, la vida misma, es así, compleja. Un modo de expresarlo es a través del manejo de los costes del uso y gestión del agua (económica, ambiental y social) donde deben aparecer multitud de factores y sus interrelaciones, constituyendo una trama compleja, autoorganizativa y oscilante (ver figura 6).

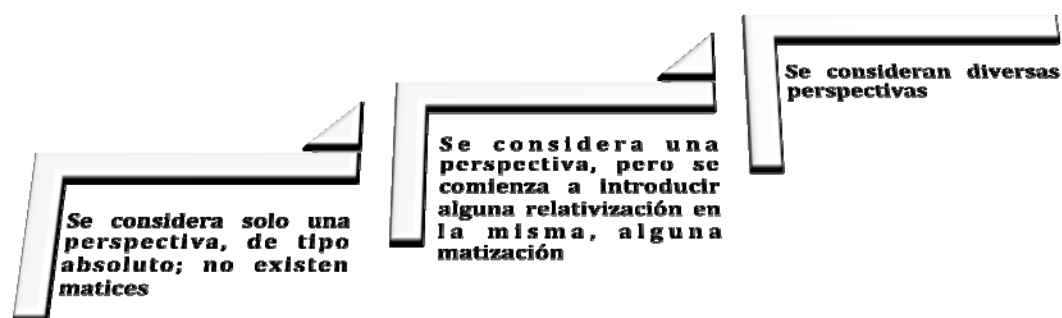


Figura 6. Niveles de complejidad propuestos para la hipótesis de transición centrada en el grado de uniperspectivismo y pluriperspectivismo.

En la tercera hipótesis de transición el objetivo es conocer cómo de amplio es el abanico de variables que considera el alumnado cuando el estudio gira en torno a las diversas problemáticas que presenta el agua. Además sería interesante conocer cuáles son dichas variables. Posiblemente el alumnado considerará en las primeras fases un escaso número de variables. Sin embargo, conforme el proceso vaya avanzando, es probable que el número de variables que el alumnado considere vaya aumentando. Para esta hipótesis de transición centrada en las variables consideradas por el alumnado, en el primer nivel de complejidad propuesto el alumnado solo es capaz de tener en cuenta un escaso número de elementos referidos al aspecto del uso y gestión del agua que trabajamos. El alumnado que se encuentran en este nivel, por ejemplo, solo es capaz de citar los ríos y el mar como lugares de donde se evapora el agua en su ciclo de vida. Sin embargo, existe alumnado que es capaz de distinguir otras fuentes de evaporación de agua, como pueden ser lagos, charcos y agua de los deshielos, situándose dentro de una riqueza de elementos intermedios. En el tercer nivel consideramos un salto de complejidad en el que el alumnado tiene en cuenta una riqueza de elementos elevada. Tomando de nuevo el ejemplo de las fuentes de evaporación del agua, el alumnado situado en este nivel no solo considera los elementos anteriores sino que también considera el agua subterránea que surge cuando el nivel freático asciende, la evapotranspiración de las plantas, el sudor y la respiración de los animales, etc. (ver figura 7).

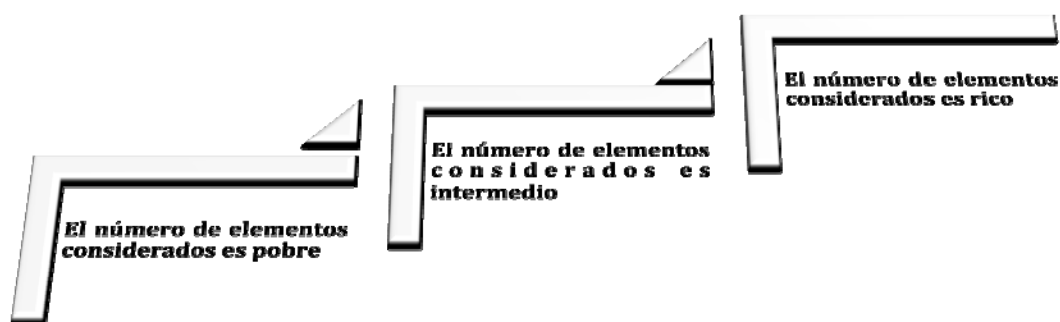


Figura 7. Niveles de complejidad propuestos para la hipótesis de transición centrada en el grado de complejidad en cuanto a los elementos considerados.

En la cuarta y última hipótesis de transición que proponemos sería interesante ser capaces de identificar cuál es el número y la complejidad de relaciones que se reconocen en cuanto a la problemática del agua, además de conocer cómo cambia dicha concepción. Al igual que en el caso de las variables, el número de relaciones entre ellas será inicialmente bajo en los estadios iniciales, para aumentar progresivamente conforme el proceso vaya madurando, aumentando no solo en número sino también en flexibilidad (cambios interrelaciones: cambios en las interacciones que se establecen entre las propias relaciones). El primer nivel propuesto en esta hipótesis de transición podría estar constituido por las ideas y concepciones del alumnado que solo es capaz de vislumbrar, por ejemplo, que existe una relación importante (hasta tal punto que uno no podría existir sin el otro) entre los residuos que generan las industrias y las poblaciones (las poblaciones generan necesidades industriales y viceversa). En el segundo nivel consideramos un salto de complejidad en el que las relaciones entre elementos ya no se dan únicamente dentro de la misma variable sino entre dos variables diferentes. El ejemplo más usual es la capacidad de relacionar elementos de costes ambientales con costes sociales o costes económicos. Finalmente llegamos a la visión sistémica en la que se trabaja con redes de interacciones. Así ya no solo son evidentes relaciones entre elementos de los diferentes costes,

sino que también son indiscutibles las relaciones entre costes, consumos, problemáticas, distribución, captación, etc. (ver figura 8).

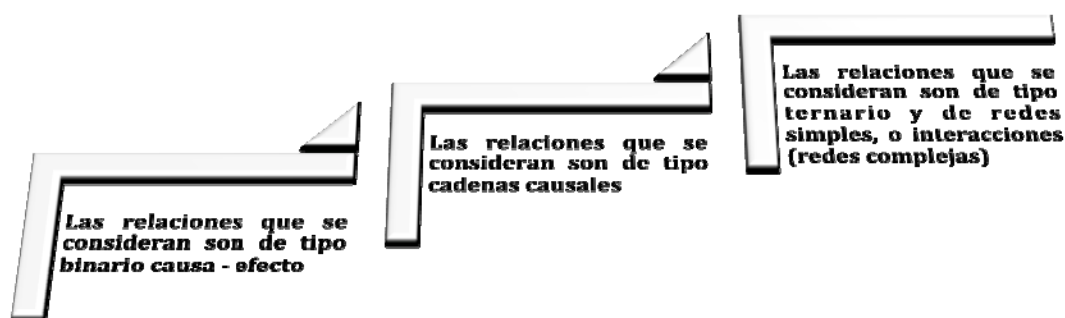


Figura 8. Niveles de complejidad propuestos para la hipótesis de transición centrada en el grado de complejidad en cuanto a las relaciones consideradas.

Conclusiones

Las hipótesis de transición es una herramienta que ha evolucionado enriqueciéndose en significado, pasando de abordar solo las posibles evoluciones de las ideas y concepciones a integrar los obstáculos y dificultades que tanto el alumnado como el profesorado pueden llegar a encontrar a lo largo de una intervención educativa (Rodríguez, Fernández-Arroyo y García, en prensa).

La aplicación de las hipótesis de transición a la temática del agua y más concretamente a los contenidos de uso, gestión y contaminación del agua, permite mostrar gran parte de la potencialidad didáctica de esta herramienta debido a las peculiaridades que presenta dichos contenidos.

Estos contenidos debido a su gran carga conceptual, procedimental y actitudinal, la gran riqueza de elementos presentes, la variedad y flexibilidad de las relaciones que entre dichos elementos se establecen, la diversidad de contextos en los que están presentes y sus implicaciones sociales, económicas y medioambientales muchas veces conflictivas, dificultan su tratamiento en el aula.

Sin embargo y como hemos expuesto por medio de las hipótesis de transición propuestas, en nuestra opinión las hipótesis de transición aplicadas al uso, gestión y contaminación del agua pueden ser la herramienta adecuada para lograr una intervención educativa coherente mediante el tratamiento de los problemas socioambientales asociados; facilitando el establecimiento de una gradación desde lo simple hacia lo complejo organizando de esta manera los contenidos; reformulando de manera abierta y flexible los problemas detectados; teniendo en cuenta las ideas y concepciones de las personas implicadas en el proceso de aprendizaje; facilitando la superación de las dificultades de aprendizaje asociadas a dichas ideas y concepciones; y facilitando la construcción del conocimiento cuyo proceso también pasa a ser analizado bajo el prisma de las hipótesis de transición para introducir mejoras en futuras intervenciones en el aula referidas a la temática del agua.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, J.A.; Vázquez, A.; Martín, M.; Oliva, J.M.; Acevedo, P.; Paixão, M.F. y Manassero, M.A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 2 (2), 121-140.
- Ángel, A. (1995). *La Fragilidad Ambiental de la Cultura*. Editorial Universidad Nacional. Instituto de Estudios Ambientales, Bogotá.
- Bonil, J. (2005). *La recerca avaluativa d'un programa de l'assignatura de didàctica de les ciències experimentals dissenyat prenent com a marc teòric el paradigma de la complexitat: orientacions per al canvi*. Tesis Doctoral. Dpto. Didáctica de la Matemática i les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Cano, M.I. (2005). La atención a la diversidad desde propuestas diversas: el tratamiento de la problemática ambiental en la secundaria obligatoria. *Alambique*, 44, 35-45.
- Cano, M.I. (2007). La contaminación del agua: una propuesta para trabajar de forma funcional y significativa en la educación secundaria. *Investigación en la Escuela*, 63, 47-63.
- Cano, M.I. (2008). *La construcción de conocimiento relevante y significativo sobre la contaminación del agua. Una investigación cualitativa en 4º de E.S.O.* Tesis Doctoral. Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.
- Caride, J.A. y Meira, P.A. (2001). *Educación ambiental y desarrollo humano*. Barcelona. Ariel.
- Cuello, A. y Navarrete, A. (1992). *El agua en la ciudad*. Materiales Didácticos de Educación Ambiental. Educación primaria. Sevilla: Junta de Andalucía. Consejería de Educación y Ciencia. Consejería de Cultura y Medio Ambiente. Agencia de Medio Ambiente.
- Dale, A. y Newman, L. (2005). Sustainable development, education and literacy. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 6 (4), 351-362.
- De Vries, P. (2010). Redimir la promesa utópica del desarrollo: hacia un mundo, una mundialización, una modernidad. En: BRETÓN, V. (2010). *Saturno devora a sus hijos. Miradas críticas sobre el desarrollo y sus promesas*. Barcelona: Icaria. pp. 87-126.
- Elizalde, A. (2006). *Desarrollo Humano y Ética para la Sustentabilidad*. Medellín (Colombia): Editorial Universidad de Antioquia. PNUMA.
- Fernández-Arroyo, J. (2010a): Estudio del proceso de construcción de conocimiento sobre el uso del agua en alumnos de secundaria. Diploma de Estudios Avanzados. Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.
- Fernández-Arroyo, J. (2010b). Investigando el agua en Bachillerato. *Investigación en la Escuela*, 70, 21-30.
- Fernández-Arroyo, J. (2012a). *La construcción del conocimiento sobre la gestión y la contaminación del agua. Concepciones del alumnado de Primero de Bachillerato*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- Fernández-Arroyo, J. (2012b). Los procesos de construcción del conocimiento significativo del agua en bachillerato. Estudio de casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 30 (3), 177-194.

- Fernández-Arroyo, J. y Solís, E. (2011). El agua como recurso para investigar en el aula. Una investigación en la asignatura de Ciencias para el Mundo Contemporáneo. *Investigación en la Escuela*, 75, 47-59.
- Fournier, J.Y. (1999). *À l'école de l'intelligence. Comprendre pour apprendre*. ESF Éditeur. Paris.
- FUNDACIÓ TERRA (2008). Acreixement. *Perspectiva Ambiental*. 44.
- García, J.E. (1995). *Epistemología de la complejidad y enseñanza de la ecología: el concepto de ecosistema en la educación secundaria*. Tesis Doctoral. Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.
- García, J.E. (1998). *Hacia una teoría alternativa de los contenidos escolares*. Sevilla. Díada Editora.
- García, J. E. (2001). La construcción de la noción de interacción. *Alambique*, 27, 92-106.
- García, J.E. (2004a). *Educación Ambiental, constructivismo y complejidad*. Sevilla. Diada Editora.
- García, J.E. (2006). Educación Ambiental y alfabetización científica: argumentos para el debate. *Investigación en la Escuela*, 60, 7-20.
- García J.E. y García, F.F. (1992b). *Orientaciones didácticas para la educación ambiental en educación secundaria*. Sevilla. Junta de Andalucía. Consejería de Educación y Ciencia. Consejería de Medio Ambiente. Programa Aldea.
- García, J.E.; Rodríguez, F Y Solís, M. C (2007). Memoria Final Proyecto A21E de Punta Umbría.
- García Pérez, F.F. (2000a). Los modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa. *Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 207. Recuperado de: <http://www.ub.es/geocrit/b3w-207.htm>
- García Pérez, F.F. (2000b). Un modelo didáctico alternativo para transformar la educación: el Modelo de Investigación en la Escuela. *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 64. Recuperado de: <http://www.ub.es/geocrit/sn-64.htm>
- García Pérez, F.F. (2005). El sentido de la educación como referente básico de la didáctica. *Investigación en la Escuela*, 55, pp. 7-27.
- García Pérez, F. F. y Porlán, R. (2000). *El proyecto IRES (Investigación y Renovación Escolar)*. *Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 205. Recuperado de: <http://www.ub.es/geocrit/b3w-205.htm>
- García, R. y Vega, P. (Coord.) (2009). *Sostenibilidad, valores y cultura ambiental*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Gil-Perez, D. y Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. *Investigación en la Escuela*, 43, pp. 27-37.
- Gil-Pérez, D. y Vilches, A. (2005). Inmersión en la cultura científica para la toma de decisiones ¿necesidad o mito? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia* 2 (3), 302-329.
- Gisbert, P. (2007). Decrecimiento: camino hacia la sostenibilidad, en *El ecologista*, 55, 20-23. Recuperado de: http://www.ua.es/personal/fernando.ballenilla/Preocupacion/Pepa_Decrecimiento.pdf
- Izquierdo, M.; Espinet, M.; Bonil, J. y Pujol, R.M. (2004). Ciencia escolar y complejidad. *Investigación en la Escuela*, 53, 21-29.

- Lacosta, I.; Sánchez, M.D. y Fernández, R. (2006). Los conocimientos de los alumnos de secundaria sobre los fenómenos de contaminación de las aguas. *XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Zaragoza, 13-16 septiembre. Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Leff, E. (2002). *Saber Ambiental. Sustentabilidad, Racionalidad, Complejidad, Poder*. México: Siglo XXI Editores – PNUMA.
- Leff, E. (2008). Decrecimiento o desconstrucción de la economía: Hacia un mundo sustentable. *Revista Polis*, 7 (21), 81-90.
- Lobera, J. (2008). Insostenibilidad: aproximación al conflicto socioecológico, en *CTS*, 11 (4), 53-80.
- Marcén, C. (2010). *El agua, argumento educativo en la Educación Obligatoria y en el sistema social*. Tesis Doctoral. Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Zaragoza.
- Márquez, C. (2002). *La comunicació multimodal en l'ensenyament del cicle de l'aigua*. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Martínez Gil, F. J. (1997). *La Nueva Cultura del Agua*. Bilbao. Bakeaz.
- Membiola, P. (2002). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica de la ciudadanía*. Madrid. Narcea.
- Mora, W.M. (2011). *La inclusión de la dimensión ambiental en la educación superior: un estudio de caso en la Facultad de Medio Ambiente de la Universidad Distrital en Bogotá*. Tesis Doctoral. Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.
- Morin, E. (1986; y reedición de 1999). *El Método I: La Naturaleza de la Naturaleza*. Madrid. Cátedra.
- Morin, E. (1992). *El Método IV: Las ideas. Su hábitat, su vida, sus costumbres, su organización*. Madrid: Cátedra.
- Morin, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. UNESCO. Recuperado de: <http://www.complejidad.org>
- Morin, E. (2001). *La mente bien ordenada. Repensar la reforma. Reformar el pensamiento*. Barcelona. Seix Barral.
- Morin, E. y NàïR, S. (1998). *Una política de civilización*. en <http://www.complejidad.org>.
- Novo, M. (2006). *El Desarrollo Sostenible. Su dimensión Ambiental Educativa*. Madrid: Pearson Educación S.A.
- PedrinacI, E. (2006). Ciencias para el mundo contemporáneo: ¿Una materia para la participación ciudadana? *Alambique*, 49, 9-19.
- Porlán, R.; Rivero, A. y Solís, E. (2011). *Un modelo de formación para el cambio del profesorado de ciencias*. Primeras Jornadas de Innovación Docente. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla.
- Roda, V.M. y Sánchez, M.D. (1999). *¿Qué saben los alumnos de secundaria sobre la potabilización del agua? Elaboración de un cuestionario*, en S. García Barrios, M.C. Martínez Losada. (coord.). *La didáctica de las ciencias. Tendencias actuales* (pp. 449-462). Universidad de A Coruña-APICE.

- Rodríguez, F. (2011). *Educación ambiental para la acción ciudadana: concepciones del profesorado en formación sobre la problemática de la energía*. Tesis Doctoral. Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.
- Rodríguez, F.; Fernández-Arroyo, J. y García, J.E. (2014). Las hipótesis de transición como herramienta didáctica para la Educación Ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 303-3018.
- Riechmann, J. (2006). *Biomímesis. Ensayos sobre imitación de la naturaleza. Ecosocialismo y Autocontención*. Madrid: Los Libros de la Catarata.
- Rivero, A.; Fernández - Arroyo, J. y Rodríguez, F. (2013). ¿Para qué sirven las setas? *Alambique*, 74, 38-48.
- Sauvé, L. (2007). L'équivoque du développement durable. *Chemin de Traverse*, 4, 31-47.
- Selby, D. (1996). Educación Global: hacia una irreductible perspectiva global en la escuela. *Aula de Innovación Educativa*, 51, 25-30.
- Solís, E. y García, A.R. (1995). *CAP. Materiales Didácticos. Física y Química*. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla.
- Solís, E., Porlán, R. y Rivero, A. (2012). ¿Cómo representar el conocimiento curricular del profesorado de ciencias y su evolución? *Enseñanza de las Ciencias*, 30 (3), 9-30.
- Taldea, S. (2005). *Agua: Propuesta para abordar la diversidad. Educación primaria, educación secundaria obligatoria*. Bilbao. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- Vílches, A.; Gil, D. y Cañal, P. (2010). ¿La educación para la sostenibilidad *contra* la educación ambiental? II Seminário Ibero-Americano Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências. “Educação para uma nova ordem socioambiental no contexto da crise global”. 19 a 21 de Julho de 2010 – Universidade de Brasília – Brasília/Brasil.
- Yus, R. (1997). La transversalidad como constructo organizativo del currículo escolar, en la antesala de la globalidad. *Investigación en la Escuela*, 32, 43-50.